

PENERAPAN OPTIMASI MULTI RESPON PADA TEKNIK PENYIMPANAN PEPAYA

Sri Winarni^{1*}, Enny Supartini²

Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor 45363

*sri.winarni@unpad.ac.id

ABSTRAK

Proses optimasi multi respon merupakan suatu usaha untuk mendapatkan kualitas produk terbaik dengan mempertimbangkan beberapa karakteristik produk secara simultan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan optimasi multi respon pada bidang teknologi pascapanen produk pepaya. Proses optimasi dilakukan untuk mendapatkan komposisi tingkat kematangan dan suhu penyimpanan yang memaksimalkan kadar air dan meminimumkan tingkat kekerasan. Terdapat tiga tingkat kematangan pepaya yang dicobakan, yaitu 0%, 10% dan 25%. Penyimpanan pepaya dilakukan pada suhu ruang dan pada lemari pendingin dengan suhu 10°C dan 15°C. Analisis data dilakukan dengan *overlaid surface plot* dan *desirability function*. Hasil yang diperoleh adalah pepaya dengan semburat 14.9% yang disimpan pada suhu ruang 25°C. Nilai optimal kadar air yang diperoleh adalah 88.8493 dan tingkat kekerasan 0.2358.

Kata kunci: optimasi multi respon, *overlaid surface plot* dan *desirability function*

ABSTRACT

Multi-response optimization process is an attempt to get the best product quality by considering some of the characteristics of the product simultaneously. This study examines the application of multi-response optimization in the field of post-harvest technology products papaya. Process optimization is performed to obtain the composition of the maturity level and temperature of storage that maximizes water content and minimize the level of violence. There are three levels of maturity papaya tested, ie 0%, 10% and 25%. Papaya storage is done at room temperature and in the refrigerator at a temperature of 10 ° C and 15 ° C. Data analysis was performed with the overlaid surface plot and desirability function. The results obtained are papaya with a tinge of 14.9% which is stored at room temperature 25 ° C. Values obtained optimal water content is 88.8493 and the level of violence is 0.2358.

Keywords : Multi-response optimization, *overlaid surface plot* and *desirability function*

PENDAHULUAN

Percobaan multi respon merupakan percobaan yang melibatkan lebih dari satu variabel respon. Percobaan seperti ini sering dilakukan pada bidang industri, termasuk industri pertanian. Pada bidang industri pertanian pasca panen misalnya, percobaan multi respon dilakukan karena kualitas dari produksi pertanian tidak hanya diukur dari satu indikator saja melainkan dua atau lebih indikator. Sebagai contoh adalah percobaan untuk mendapatkan produksi pepaya yang optimal tidak hanya diukur dari tekstur pepaya yang dihasilkan tetapi juga dari rasa pepaya tersebut.

Proses optimasi merupakan proses yang dilakukan untuk mendapatkan setting taraf faktor percobaan yang menghasilkan respon optimal. Pada percobaan multi respon, analisis yang sering dilakukan adalah melakukan proses optimasi pada masing-masing respon yang diukur. Analisis seperti ini memiliki kelemahan yaitu optimal pada satu respon belum tentu optimal juga pada respon yang lain. Proses optimasi sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan seluruh respon yang diukur. (Myers,2009). Analisis yang digunakan adalah metode *response surface* dan *desirability function*.

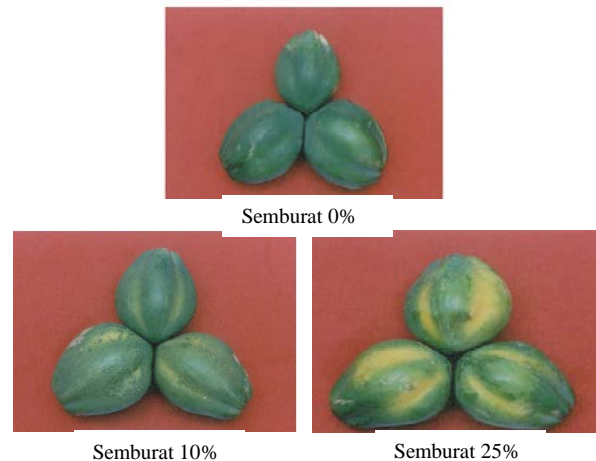
Studi kasus yang dilakukan pada penelitian ini diambil dari Santoso, 2007. Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat mutu pepaya adalah tingkat kematangan buah saat dipetik. Buah yang belum matang bila dipetik akan menghasilkan mutu yang kurang baik dan proses pematangannya yang kurang sempurna. Buah yang dipetik terlalu muda akan mudah berkeriput pada penyimpanan dan buah yang terlalu tua akan cepat menjadi lunak.

Waktu pemanenan yang tepat belum cukup untuk mendapatkan buah yang bermutu tinggi, sehingga perlu adanya penanganan pasca panen terhadap pepaya untuk memperpanjang umur simpan yaitu dengan penyimpanan pada suhu dingin. Penyimpanan suhu dingin pada umumnya bertujuan untuk mengendalikan laju respirasi, transpirasi, infeksi penyakit dan mempertahankan produk. Untuk itu perlu dilakukan pengkajian tentang tingkat kematangan petik sehingga dapat diperoleh buah pepaya yang benar-benar dapat memuaskan konsumen. (Santoso, 2007). Penelitian dilakukan pada pepaya varietas II dengan karakteristik buah diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik Pepaya II

Penelitian dilakukan dengan menyimpan pepaya dalam berbagai tingkat kematangan pada beberapa suhu penyimpanan. Desain eksperimen yang dilakukan berupa desain split-plot dengan faktor petak utama adalah suhu penyimpanan (10°C , 15°C dan 25°C) dan faktor anak petak adalah tingkat kematangan yang dilihat dari semburat kuning pada kulit pepaya (0%, 10% dan 25%). Respon yang diukur adalah kadar air dan kekerasan. Pengamatan terhadap kadar air dan kekerasan dilakukan pada hari ke-8. Ilustrasi tingkat kematangan pepaya diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tingkat Kematangan Petik Pepaya II (Semburat 0%, 10% dan 25%)

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan tingkat kematangan petik dan suhu simpan yang tepat sehingga mampu mendapatkan pepaya yang berkualitas dengan tingkat kadar air dan tingkat kekerasan yang optimal.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *response surface* dan *desirability function*. Kedua metode ini menggunakan pendekatan yang berbeda dalam melakukan proses optimasi. Metode *response surface* menggunakan pendekatan secara visual sedangkan *desirability function* menggunakan pendekatan secara formal.

Metode *Response Surface*

Pada percobaan yang melibatkan taraf faktor kuantitatif, proses optimasi dapat dilakukan melalui metode *response surface*. Metode *response surface* adalah salah satu metode yang digunakan untuk melakukan proses optimasi. Pada percobaan respon tunggal, proses optimasi dilakukan dengan cara memodelkan variabel respon dengan variabel bebasnya. Model yang digunakan dapat berbentuk model *response surface* orde pertama yang merupakan model linear. Jika model orde pertama tidak dapat menggambarkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel responnya maka digunakan model *response surface* orde kedua (Myers, 2009). Pada

percobaan multi respon optimasi *response surface* dapat dilakukan secara visual menggunakan *overlaid contour plot*.

Menurut Chansa-ngavej 2010., metode *response surface* merupakan salah satu metode yang bertujuan untuk melakukan proses optimasi terhadap respon. Pada dasarnya metode *response surface* merupakan pengembangan dari polinomial ortogonal. Proses optimasi dilakukan dengan melakukan pemodelan dan didukung secara visual oleh *response surface plot* atau sering disebut kontour plot.

Misalkan sebuah percobaan dengan dua faktor (x_1 dan x_2) yang bertujuan memaksimalkan respon (y) maka bentuk hubungan tersebut dapat dimodelkan dalam persamaan berikut :

$$y = f(x_1, x_2) + \epsilon \quad \text{.....(1)}$$

Dimana ϵ merupakan komponen galat dari respon.

Bentuk hubungan yang sebenarnya antara variabel respon dengan variabel bebas pada umumnya tidak diketahui. Pendugaan terhadap bentuk model dilakukan untuk menggambarkan hubungan tersebut. Seringkali dilakukan pendugaan model dengan menggunakan polinomial tingkat rendah. Jika model polinomial orde pertama dapat menggambarkan dengan baik hubungan antara variabel respon dan variabel bebas tersebut, maka model yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \epsilon \quad \text{..... (2)}$$

Pada model di atas hanya terdapat pengaruh linear dalam model. Jika orde pertama tidak layak digunakan maka dapat digunakan model orde kedua, yaitu :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \epsilon \quad \text{..... (3)}$$

Pada model orde kedua terdapat pengaruh linear, pengaruh kuadrat dan pengaruh interaksi antar variabel bebas.

Secara umum jika terdapat k variabel bebas maka model orde pertama dapat dituliskan dalam persamaan berikut :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon \quad \text{..... (4)}$$

Sedangkan untuk model dengan orde kedua dapat dituliskan dengan persamaan berikut :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad \text{..... (5)}$$

Secara visual metode *response surface* dapat digambarkan melalui *response surface plot* dan kontour plot. *surface plot* merupakan plot tiga dimensi yang menggambarkan besarnya respon untuk setiap komposisi perlakuan yang berada pada batas daerah yang ditentukan. *Surface plot* ini dapat diproyeksikan kedalam plot dua dimensi menjadi *contour plot*. *Response surface plot* menggambarkan bagaimana pola pengaruh respon percobaan, apakah maksimum, minimum atau *saddle point*.

Metode *response surface* pada desain multi respon dilakukan dengan membentuk model *response surface* masing-masing respon kemudian dilakukan *overlay* terhadap *contour plot*. *Overlayplot* yang terbentuk memberikan petunjuk daerah mana yang memungkinkan terjadinya titik optimasi (Ramanujam. 2014).

Desirability Function

Menurut Prajina 2013., Fungsi *desirability* merupakan suatu transformasi geometrik dari nilai respon menjadi bernilai 0 sampai dengan 1 ($0 \leq d_i \leq 1$). Nilai ini menunjukkan tingkat kedekatan respon terhadap targetnya. Respon yang berada pada selang nilai target yang ditentukan memiliki nilai *desirability* nol sampai satu ($0 < d_i < 1$). Sedangkan respon yang sangat dekat sekali dengan nilai target memiliki nilai *desirability* sebesar satu ($d_i = 1$). Sebaliknya untuk respon yang berada diluar selang target yang ditentukan maka nilai *desirability*-nya adalah nol ($d_i = 0$). Fungsi d_i merupakan fungsi *individual desirability*. Fungsi ini akan membentuk fungsi *total desirability* yang merupakan rata-rata geometrik dari fungsi *individual desirability*. Fungsi *total desirability* tersebut diberikan pada Persamaan 6 berikut :

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_k)^{1/k} \quad \text{..... (6)}$$

Dimana k merupakan banyaknya respon yang diukur. Fungsi *total desirability* ini lah yang nantinya akan dioptimumkan.

Menurut Akcay. 2013. Berdasarkan tujuannya, fungsi *desirability* dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu : *nominal-the-best* (NB), *larger-the-better* (LB) dan *smaller-the-better* (SB). Jika dimisalkan T adalah nilai target yang diinginkan, L adalah batas bawah target, dan U adalah batas atas target ($L \leq T \leq U$), maka bentuk fungsi *desirability* dari masing-masing kategori tersebut adalah sebagai berikut :

i. *Larger-the-better* (LB)

Digunakan untuk memaksimalkan respon, memiliki bentuk fungsi *individual desirability* seperti pada Persamaan 7 berikut :

$$d = \begin{cases} 0 & ; y < L \\ \left(\frac{y-L}{T-L} \right)^r & ; L \leq y \leq T \\ 1 & ; y > T \end{cases} \quad (7)$$

Dengan bobot $r = 1$, fungsi *desirability* berbentuk linear. Sedangkan jika $r > 1$ maka ini lebih dikatakan mendekati respon, tetapi jika $0 < r < 1$ maka dikatakan jauh dari respon yang diharapkan.

ii. *Smaller-the-better* (SB)

Digunakan untuk meminimumkan respon, bentuk fungsi *desirability* pada kategori ini diberikan pada Persamaan 8 berikut :

$$d = \begin{cases} 1 & ; y < T \\ \left(\frac{U-y}{U-T} \right)^r & ; T \leq y \leq U \\ 0 & ; y > U \end{cases} \quad (8)$$

iii. *Nominal-the-best* (NB)

Digunakan untuk respon pada nilai target, memiliki bentuk fungsi *individual desirability* seperti pada persamaan 9 berikut :

$$d = \begin{cases} 0 & ; y < L \\ \left(\frac{y-L}{T-L} \right)^r & ; L \leq y \leq T \\ \left(\frac{y-L}{T-L} \right)^r & ; T \leq y \leq U \\ 0 & ; y > U \end{cases} \quad (9)$$

Indeks r merupakan pembobotan yang menunjukkan penekanan jauh dekatnya respon terhadap nilai target :

- Nilai $0 < r < 1$ menunjukkan penekanan yang kurang pada targetnya.

Semakin besar nilai r maka semakin jauh nilai respon dari targetnya

- Nilai $r = 1$ menunjukkan kepentingan yang sama terhadap target. Pada nilai ini fungsi *desirability* berbentuk linear
- Nilai $r > 1$ menunjukkan penekanan yang lebih pada targetnya. Kondisi yang ideal adalah nilai *desirability* yang tinggi menunjukkan nilai respon yang dekat dengan targetnya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis optimasi multi respon dilakukan dengan metode *response surface* dan *desirability function*. Kedua analisis ini dilakukan dengan pendekatan yang berbeda. Metode *response surface* menggunakan pendekatan secara visual menggunakan *overlaid contour plot* dan *desirability function* menggunakan pendekatan analisis formal menggunakan *composite desirability function*.

Metode *response surface* untuk desain split plot dilakukan dengan model sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_{11} A^2 + \gamma_1 B + \gamma_{11} B^2 + \alpha_{11} AB + \varepsilon \quad (10)$$

Dengan A adalah faktor petak utama (suhu penyimpanan) dan B adalah faktor anak petak (tingkat kematangan petik). Hasil analisis *response surface* untuk tingkat kadar air diperoleh model *response surface* ordo kedua (Persamaan 11).

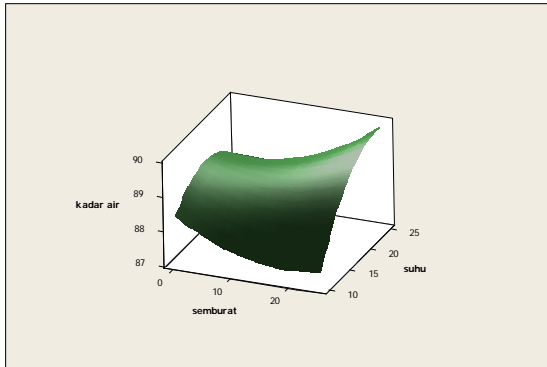
$$\text{Kadar air} = 85.1882 - 0.4497A - 0.0129A^2 - 0.1713B + 0.0027B^2 + 0.0065AB + \varepsilon \quad (11)$$

Terdapat pengaruh linear dan kuadratik dan interaksi suhu penyimpanan dan tingkat kematangan. Untuk tingkat kekerasan pepaya didapatkan model *response surface* yang diberikan pada Persamaan 12.

$$\text{Kekerasan} = 5.6536 - 0.0877A - 0.0049A^2 - 0.1101B + 0.0006B^2 + 0.0036AB + \varepsilon \quad (12)$$

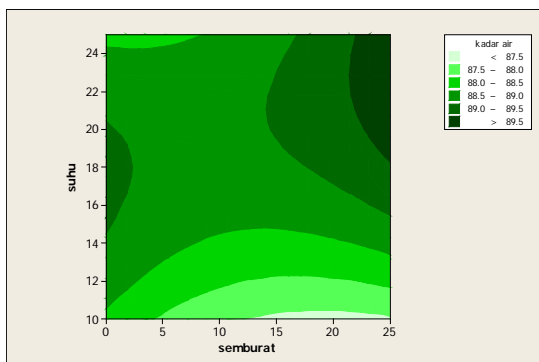
Sama dengan tingkat kadar air, pada tingkat kekerasan terdapat pengaruh linear, kuadratik dan interaksi suhu penyimpanan dan tingkat kematangan.

Model *response surface* yang sudah dibentuk dapat digambarkan secara visual dengan *surface plot* dan *contour plot*. *surface plot* untuk tingkat kadar air diberikan pada Gambar 3.



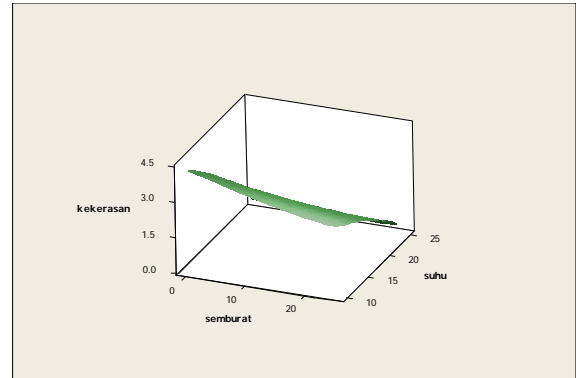
Gambar 3. *Surface Plot* Tingkat Kadar Air

Surface plot pada Gambar 3 diproyeksikan menjadi *contour plot* yang diberikan pada Gambar 4.



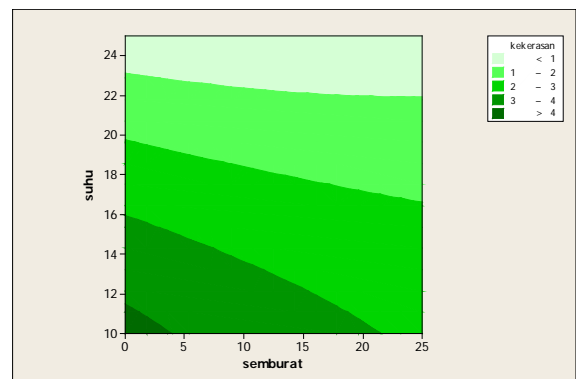
Gambar 4. *Contour Plot* Tingkat Kadar Air

Degradasi warna pada *contour plot* menunjukkan degradasi tingkat kadar air. Semakin tua warna pada *contour plot* menunjukkan tingkat kadar air yang semakin tinggi. Dari Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa pepaya yang disimpan pada suhu rendah menjadikan tingkat kadar air yang kecil. Kadar air yang tinggi didapatkan dari pepaya dengan tingkat kematangan petik 25% yang disimpan diatas suhu 15°C yang ditunjukkan oleh warna gelap pada *contour plot*. *surface plot* untuk tingkat kekerasan pepaya diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Surface Plot* Tingkat Kekerasan

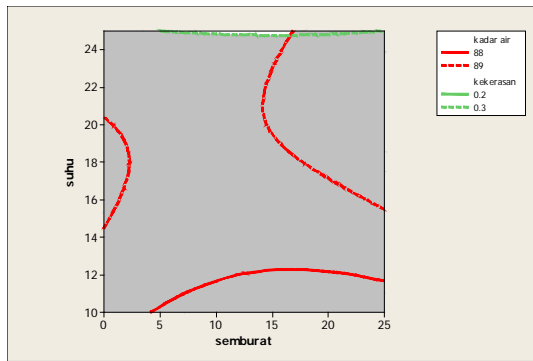
Surface plot di atas diproyeksikan menjadi *contour plot* pada Gambar 6.



Gambar 6. *Contour Plot* Tingkat Kekerasan

Pada *contour plot* di atas diketahui bahwa tingkat kekerasan pepaya akan meningkat dengan semakin rendahnya suhu penyimpanan. Tingkat kekerasan yang diinginkan adalah tingkat kekerasan yang rendah atau pepaya yang bertekstur empuk. Tingkat kekerasan yang rendah didapatkan pada suhu penyimpanan 25°C.

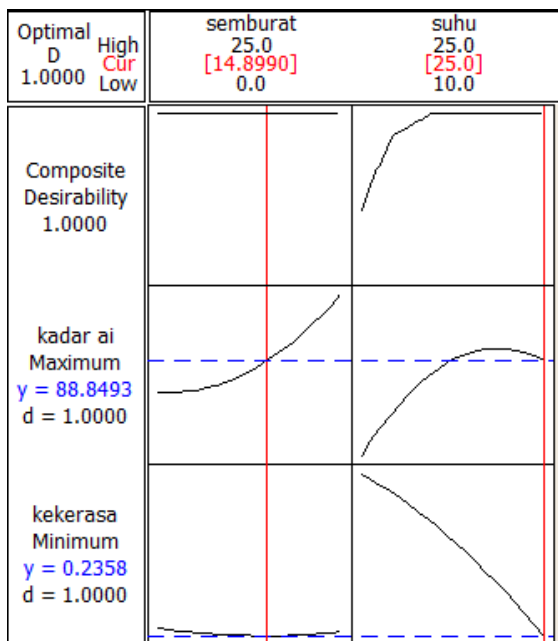
Pada analisis terhadap tingkat kadar air dan tingkat kekerasan pepaya didapatkan komposisi perlakuan yang berbeda. Analisis secara simultan dilakukan dengan membentuk *overlaid contour plot* dari kedua respon. *Overlaid contour plot* didapatkan dengan menumpuk kedua *contour plot*. daerah yang menjadi irisan kedua *contour plot* merupakan daerah kemungkinan solusi optimum. Hasil *overlaid contour plot* kedua respon diberikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Overlaid Contour Plot Tingkat Kadar Air dan Tingkat Kekerasan Pepaya

Daerah yang menjadi kemungkinan solusi optimum ditandai dengan daerah berwarna putih. Daerah solusi optimum merupakan daerah yang merupakan komposisi suhu dan tingkat kematangan petik yang menghasilkan tingkat kadar air yang tinggi dan tingkat kekerasan yang rendah. Daerah ini berada pada tingkat kematangan (semburat) 15% dan suhu penyimpanan 25°C.

Analisis secara formal dilakukan menggunakan *desirability function* dengan hasil *desirability function* diberikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Desirability Function Tingkat Kadar Air dan Tingkat Kekerasan Pepaya

Desirability function diatas dilakukan dengan mempertimbangkan kedua respon dengan tingkat kepentingan yang sama, sehingga kedua *individual desirability function*

diberikan bobot yang sama. Hasil analisis *desirability function* pada Gambar 8 didapatkan bahwa kondisi optimum didapatkan pada tingkat kematangan petik (semburat) 14.89% dan suhu penyimpanan 25°C (suhu ruang). Nilai optimum kadar air yang didapat adalah 88.8493% dan tingkat kekerasan 0.2358. hasil tersebut sejalan dengan yang didapatkan dari analisis *response surface*.

KESIMPULAN

Proses optimasi multi respon menggunakan pendekatan metode *response surface* dan *desirability function* mampu menghasilkan optimasi yang sama. Pepaya dengan tingkat kadar air dan kekerasan yang optimal didapatkan pada tingkat kematangan petik 14.89% - 15% yang disimpan pada suhu ruangan (25°C).

SARAN

Pendekatan metode *response surface* dan *desirability function* pada dasarnya merupakan metode yang sederhana. Perlu dilakukan pendekatan yang lain untuk melakukan proses optimasi multi respon.

DAFTAR PUSTAKA

- Akca H., Anugun A. S., 2013. *Multi Response Optimization Application on A Manufacturing Factory*. Mathematical Applications. Vol. 18 No. 3. Pp. 531-538
- Chansa-ngavej C., Kasemsomporn J. 2010. *Response surface methodology for minimizing solder-ball defects in an electronics-assembly process*, International Journal of Management Science and Engineering Management, 5(2): 95-100, 2010. England. <http://www.ijsem.org/>
- Myers, Raymond H., Montgomery, C.D., Anderson-Cook, M., C. 2009. *Response Surface Methodology Process and Product Optimization using Design Experiments*, Third edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Montgomery DC. 2009. *Design and Analysis of Experiments*. Ed ke-7. New York: John Wiley & Sons, inc.
- Prajina N. V., 2013. *Multi Response Optimazation of CNC End Milling Using Response Surface Methodology and Desirability Function*. International Journal of Engineering Research and

- Technology ISSN 0974-3154 Volume 6, Number 6 (2013), pp. 739-746.
- Ramanujam R., Lohithaksha M., Maiyar K., Vaenkatesan and Mithun Vasan., *Multi Response Optimazation Using ANOVA and Desirability Function Analysis: A Case Study in End Milling of Inconel Alloy*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol 9, No 4, April 2014.
- Santoso, SB., 2007. Kajian Tingkat Kematangan Petik Terhadap Perubahan Mutu Buah Pepaya (*carica papaya* L) IPB-1 dan IPB-2 Selama Penyimpanan. Sekolah Pascasarjana IPB.